

УДК 631.46

ПОЧВЕННАЯ МИКРОФЛОРА КАК ИНДИКАТОР ТИПА ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ¹

© 2003 Т.А. Овчинникова,² Е.И. Теньгаев³

На примере восьми фитоценозов Красносамарского лесничества в притеррасной и водораздельной частях реки Самарки, отличающихся по типу древостоя и лесорастительным условиям, проведен анализ эколого-трофического взаимодействия почвенной микрофлоры и листового опада. Исследована ежедневная динамика численности микроорганизмов трех размерных групп и интенсивности дыхания почв под влиянием водной вытяжки из листового опада, родственного и неродственного исследуемой почве. Выявлена биоиндикационная ценность исследуемых показателей в определении приуроченности почв к типам древостоя и лесорастительных условий.

Введение

Решение биоиндикационных задач основано на использовании выявленных ранее взаимосвязей между показателями состояния биотической части ценоза и факторами внешней среды.

Успешность решения конкретной биоиндикационной задачи зависит, с одной стороны, от правильности выбора показателей состояния биоты, с другой стороны, от правильности выбора параметров оценки воздействующего фактора.

В лесных биогеоценозах основным средообразующим фактором, трансформирующим влияние всех экологических факторов, является его древостой. В фитоценозах, не отличающихся по типу древостоя,

¹ Представлена доктором биологических наук профессором Н.М. Матвеевым.

² Овчинникова Татьяна Анатольевна, кафедра экологии, ботаники и охраны природы Самарского государственного университета, 443011, Самара, ул. Акад. Павлова, 1.

³ Теньгаев Евгений Иванович, кафедра зоологии, генетики и общей экологии Самарского государственного университета.

могут складываться различные условия существования, которые будут зависеть от местоположения ценоза, типа почв, особенностей водного и температурного режима, т.е. комплекса условий, называемых лесорастительными.

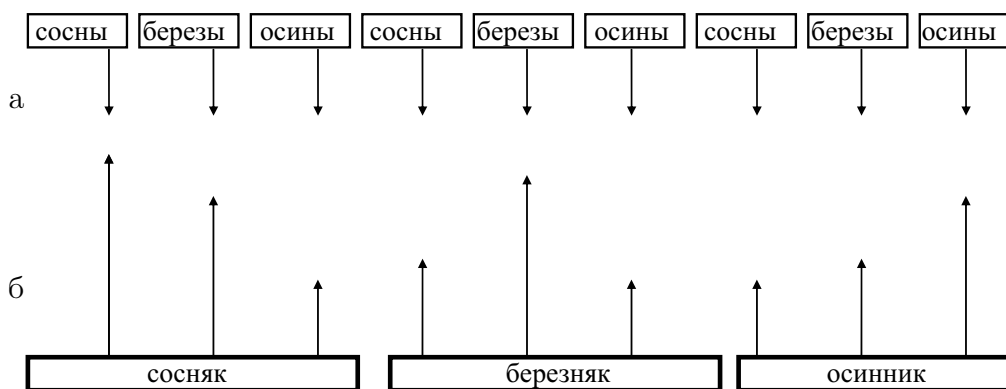
Почвенная микрофлора лесов находится под прямым и мощным воздействием опада. Листовой опад является основным источником питательных веществ и микрофлоры, смываемой в почву. И, как следствие, состояние почвенной микрофлоры, вероятно, наиболее полно отражает своеобразие сочетания экологических факторов, таких как влажность, толщина подстилки, активность ее разложения, температурный, газовый режим почвы, и связанных с ней подстилки и опада в каждом конкретном фитоценозе. Имеется обширная литература, описывающая связь между качественным составом тех или иных групп почвенных микроорганизмов и особенностями наземной части биогеоценозов, типа древостоя, травянистого яруса [1, 2, 3, 4]. Можно предположить, что установление связи между почвенной микрофлорой и типами фитоценоза, биогеоценоза, лесорастительных условий с помощью качественных показателей разных таксономических групп микрофлоры на основе выявления доминирующих видов микроорганизмов будет трудоемким и малопродуктивным [3].

Успехи в индикации состояния почв на основе почвенной микробиоты связаны с комплексным подходом, учитывающим одновременно исследование изменения видового состава физиологических или таксономических группировок микроорганизмов и физиологические отклики почвенной микрофлоры в ответ на действие интересующего исследователя фактора [1, 4, 5].

На основе функциональной взаимосвязи "опад — почвенная микрофлора" разработан метод определения принадлежности почвенного образца к фитоценозу с тем или иным типом древостоя [6]. В качестве показателей состояния почвенной микрофлоры использовались численность водорослей [6] и интенсивность дыхания почв [7]. Способ индикации типа древостоя по диагностируемому почвенному образцу строится на сравнении ответной реакции почвенной микрофлоры на обработку почвы водными вытяжками из листового опада разных древесных пород (рис. 1). Анализ физиологического отклика почвенной микрофлоры, а именно кривых ежедневной динамики численности водорослей в почве при обработке почвы водной вытяжкой из листового опада, показал, что водные вытяжки из листового опада неродственных почве древесных пород либо подавляли, либо слабо стимулировали рост водорослей по отношению к контрольному варианту. Обработка же почвы водной вытяжкой из своего опада всегда вызывала

эффект максимальной стимуляции роста водорослей [6]. Аналогичные закономерности были обнаружены при использовании показателя интенсивности дыхания почв [7]. Водная вытяжка из листового опада неродственных по отношению к исследуемой почве пород древесных растений всегда оказывала стимулирующее действие, но более низкое по сравнению с эффектом максимальной стимуляции, оказываемым своим опадом.

Водная вытяжка из листового опада:



Почвенные образцы

Рис. 1. Схема индикации типа древостоя: а — обработка почв; б — ответная реакция почвенной микрофлоры: численность водорослей, интенсивность дыхания почвы

Эффект максимальной стимуляции почвенной микрофлоры водной вытяжкой из своего опада, проявляющийся при использовании в качестве показателей численности водорослей и интенсивности дыхания почв, позволяет предположить, что реакция на свой опад отражает комплексную адаптацию почвенной микрофлоры к родственному опаду и не зависит от уровня обогащенности водной вытяжки листового опада неспецифичными для данной почвы органическими и минеральными веществами и микрофлорой. Не ясным остается уровень специфичности ответной реакции почвенной микрофлоры на введение водной вытяжки из своего опада, не выявлена точность метода, вероятность найти различия между почвенными образцами, отобранными из сходных по типу древостоя лесонасаждений, но отличающихся по типу лесорастительных условий в той или иной степени. Не ясно значение отдельных компонентов водной вытяжки — собственно органических веществ и самой микрофлоры опада в провоцировании ответной реакции почвы. Неопределенными остаются стратегия формирования ответной реакции почвы, уровень включения в нее разных компонентов почвенной микрофлоры.

Целью настоящей работы было сравнение реакции на введение водной вытяжки из опада хвои микрофлоры почвенных образцов двух сосновых лесонасаждений Красносамарского лесничества Самарской области. Сосновые лесонасаждения отличаются по типу лесорастительных условий: одно находится в притеррасной пойме реки Самарки, почва — дерново-аллювиальная, солонцеватая, содержание гумуса 1,4; второе — на водоразделе на расстоянии 1 км от первого, почва луговая-черноземовидная, на супеси, содержание гумуса 1.

1. Методика исследования

Почвенные образцы отбирали в лесных биогеоценозах с мертвopокровных участков лесных ценозов или с участков с бедной травянистой растительностью и исследовали как усредненный образец. Почву просеивали (d пор — 2 см), развешивали в пеницеллиновые пузырьки по 5 г. Инкубацию проводили в постоянных гидротермических условиях (влажность 60%) в течение 4 дней. Пробы ежедневно вентилировались с помощью шприцев. Водная вытяжка из хвои представляет собой экстракт суточного настоя измельченной хвои в дистиллированной воде (1:10). Обработка почвы проводилась разведенным экстрактом (1:100) до увлажнения почвы 60%. Численность микроорганизмов трех размерных групп определяли на сухих мазках с использованием люминесцентного микроскопа, окрашивание мазков проводили акридиновым оранжевым (8). Мазки для определения численности бактерий (первая размерная группа менее 1 мкм) готовили из почвенной суспензии с разведением 1:100, мазки для определения численности микроорганизмов второй размерной группы (1 мкм–2,5 мкм) и третьей размерной группы, представленной водорослями (2,5 мкм и более), из почвенной суспензии разведением 1:50.

2. Результаты и их обсуждение

Ежедневное исследование численности микроорганизмов трех размерных групп в ходе 4-х дневной инкубации обнаружило колебание исследуемого показателя во всех размерных группах микрофлоры, которое составляло от 29 до 52% по отношению к его наименьшему значению (табл. 1).

Наименьшее колебание численности в ходе 4-х дневной инкубации отмечается для 1-й размерной группы, представленной наиболее многочисленной и статистически более достоверной группой бактериальных клеток; для пойменного и водораздельных сосняков 29 и 30% соответственно. Колебания численности микроорганизмов 2-й и 3-й

Таблица 1

**Колебания численности микроорганизмов разных
размерных групп в ходе 4-х дневной инкубации почв (в %)**

Тип сосняка	Размерные группы		
	1	2	3
Пойменный	29%	43%	42%
Водораздельный	30%	52%	30%

размерных групп были более выраженными и составляли 43 и 52% для 2-й размерной группы и 42 и 30% для 3-й размерной группы (табл. 1), что может быть связано с большей статистической вариабельностью оценки численности данных групп микроорганизмов, характеризующихся более низкой численностью (на 2 порядка) по сравнению с 1-й размерной группой. Таким образом, каждая из трех исследуемых групп микроорганизмов обладает высоким динамизмом в ходе ответной реакции на увлажнение и может быть потенциально отнесена к группе-биотесту.

Введение водной вытяжки из "своего" и "не своего" на динамику микрофлоры разных размерных групп микроорганизмов почв исследуемых сосняков вызвало довольно четко дифференцированную реакцию. Водная вытяжка их "своего" опада хвои в почвах пойменного и водораздельного сосняков увеличивала численность микроорганизмов. В почве пойменного сосняка численность бактерий колебалась с 1 по 4 дни инкубации от -9 до +33% по отношению к контрольному варианту, численность микроорганизмов 2-й размерной группы колебалась от -11 до +81%, численность водорослей — от -21 до +59%. В почве водораздельного сосняка численность бактерий возрастала от +7 до +23% от контрольного варианта, численность микроорганизмов 2-й размерной группы колебалась от -18 до +39%, а численность водорослей снижалась по отношению к контрольному варианту на 32–59% (табл. 2).

Введение водной вытяжки из "не своего" опада, как правило, угнетало развитие микроорганизмов разных размерных групп либо по отношению к контрольному варианту, либо по сравнению с вариантом почвы, обработанной вытяжкой из "своего" опада (табл. 2). Таким образом, все исследуемые группы микрофлоры обнаружили различие в чувствительности на введение в почву вытяжки из "своего" и "не своего" опада хвои. Наименьшую реакцию продемонстрировала водорослевая группа микроорганизмов, т.е. именно та группа, на которой легко устанавливалось наличие специфичной ответной реакции

Таблица 2

Эффект увеличения (+) и подавления (–) роста микроорганизмов разных размерных групп и интенсивности дыхания почв пойменного и водораздельных сосняков под влиянием водной вытяжки из "своего" и "не своего" опада (в %)

Тип сосняка	Тип обработки почв	Размерные группы						Интенсивность дыхания	
		1		2		3			
	Дни инкуб.	Свой опад	Не свой опад	Свой опад	Не свой опад	Свой опад	Не свой опад	Свой опад	Не свой опад
Пойменный	1	+7	−36	+4	−80	−32	−10	−	−
	2	+8	−28	+24	−63	−41	−22	+23	+15
	3	+14	−22	−18	−28	−41	−22	−	−
	4	+23	+7	+39	+80	−59	−26	−	−
Водораздельный	1	+23	+3	+37	−4	+59	−29	−	−
	2	+33	−7	+81	+19	+37	−16	+5	+16
	3	−1	−5	−11	+33	+7	+18	−	−
	4	−9	−11	+22	+135	−21	−31	−	−

по отношению к "своему" и "не своему" опаду при обработке почвы вытяжками из листового опада разных древесных пород (табл. 2). Если в микробиологически более активной почве пойменного сосняка отличия в реакции водорослевого компонента почв проявляются достаточно четко, то в менее влажной почве водораздельного сосняка различия в реакции на "свой" и "не свой" опад не обнаруживаются (табл. 2). В почве пойменного сосняка введение водной вытяжки из своего опада вызывало увеличение численности микроорганизмов всех трех исследуемых групп. В почве водораздельного сосняка стимуляция роста численности микроорганизмов водной вытяжкой своего опада отмечалась только в динамике роста бактерий и микроорганизмов 2-й размерной группы. Отсутствие характерной в предыдущих экспериментах реакции водорослевой группировки на введение опада в настоящей работе по сравнению с предыдущими исследованиями [6] можно объяснить различиями методов оценки водорослевой группировки. В настоящей работе применялся иной метод оценки водорослевой группировки, основанный на выделении и учете соответствующей водорослям

размерной группы, в то время как ранее водоросли определяли методом прямого счета, учитывая только СН-группу водорослей по классификации, предложенной Э.А. Штиной, находящихся в активном метаболическом состоянии [9].

Таким образом, результаты экспериментов с почвами двух сосняков обнаружили, что специфический резонансный ответ почвенной микрофлоры на введение вытяжки из опада обладает большей информативностью, чем это было обнаружено ранее [6, 7]. Если возможность индикации почв лесных биогеоценозов с использованием в качестве тестируемой группы водорослей или показателей интенсивности дыхания почв сводилась только к выяснению типа древостоя лесонасаждения, то настоящая работа выявила возможность более тонкой индикации, заключающейся в выяснении принадлежности исследуемого почвенного образца не только к типу леса — сосняку, березняку и т.д., но и возможности указания конкретного лесонасаждения, характеризующегося специфическим набором экологических факторов, что и называется лесорастительными условиями (рис. 2).

Водная вытяжка из опада хвой:

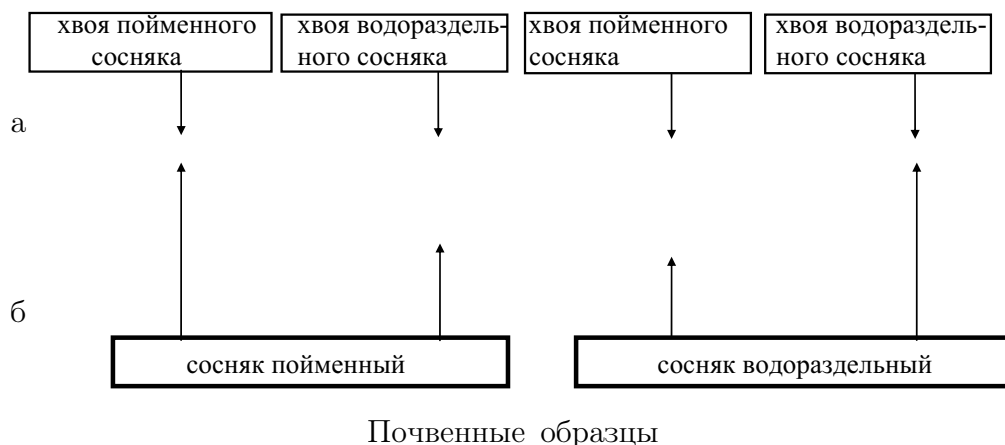


Рис. 2. Схема индикации лесорастительных условий:

а — обработка почв; б — ответная реакция почвенной микрофлоры: численность бактерий (микроорганизмы 1-й и 2-й размерных групп)

Было обнаружено, что более надежным индикатором лесорастительных условий является бактериальный компонент почв — микроорганизмы первой и второй размерной группы. Бактерии, как индикаторная группа, имеют преимущество по сравнению с микроорганизмами 3-й размерной группы (водорослями), так как обнаруживают большую численность и более выраженную ответную реакцию.

Сложность практического использования данного метода биоиндикации принадлежности почв к тому или иному типу лесных ценозов

состоит в определении набора, разнообразия листовых опадов, которые по сути и являются биоиндикаторами, так как проявление максимальной реакции стимуляции со стороны почвенной микрофлоры зависит от присутствия в наборе опадов, используемых для индикации опада, родственного исследуемой почве, т.е. от разума и интуиции исполнителя.

Недостатком предлагаемого метода индикации является снижение индикационных возможностей метода в почвах лесных биогеоценозов с очень низким уровнем биологической активности, что бывает крайне редко (из-за снижения уровня ответной реакции почвенной микрофлоры), а также слабая изученность пространственной вариабельности эколого-трофических взаимосвязей между опадом и почвенной микрофлорой внутри одного фитоценоза.

Надежность предлагаемого метода биоиндикации лесорастительных условий основана на существовании прочной функциональной связи между опадом и почвенной микрофлорой, которая выражается в существовании двух типов реакций. Первый тип ответной реакции — это усиление метаболизма (интенсивности дыхания), активации роста микроорганизмов как следствие на внесение "своего" опада, и второй тип реакции состоит в угнетении роста микроорганизмов в ответ на внесение вытяжки из "не своего" опада. Динамика микробиологических событий, развивающихся в почве в случае обработки ее "своим" и "не своим" опадом, мало изучена. Сущность эффектов стимуляции и подавления почвенной микрофлоры может быть выявлена в ходе исследования количественной и качественной стороны потока питательных веществ и микроорганизмов, поступающих в почву, и механизмов их переработки почвенной микрофлорой.

Литература

- [1] Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М., 1989. 327 с.
- [2] Мирчинк Т.Г. Почвенные грибы. М.: Изд-во МГУ, 1988, 305 с.
- [3] Алексахина Т.И., Штина Э.А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1984. 120 с.
- [4] Штина Э.А., Зенова Г.М., Манучарова Н.А. Альгологический мониторинг почв // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1449–1461.
- [5] Покаржевский А.Д., Стравлен К.М., Бутовский Т.О. и др. Эко-системы как объект наблюдения в биоиндикации и токсикологии почв // Тезисы докл. XI Международный симпозиум по биоиндикаторам. 2001. С. 152.
- [6] Овчинникова Т.А. Способ индикации почв по типу лесорастительных условий. А.с. №1247749 // Бюлл. изобретений, 1986. Т. 46.

- [7] Овчинникова Т.А. Дыхание как специфический показатель активности почв лесных биогеоценозов // Вопросы лесной биогеоценологии и охраны природы лесостепной зоны: Межвед. сб. научн. тр. Куйбышев: Изд-во Куйбышевского университета. 1989. С. 130–133.
- [8] Звягинцев Д.Г., Дмитриев Е.А., Кожевин П.А. О люминесцентно-микроскопическом изучении почвенных микроорганизмов // Микробиология. 1978. Т. 47. Вып. 6. С. 1091–1096.
- [9] Зенова Г.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. М.: Изд-во МГУ, 1990. 80 с.

THE SOIL MICROFLORA AS INDICATOR OF FORESTGROWING CONDITIONS⁴

© 2003 T.A. Ovchinnikova,⁵ E.I. Ten'gayev⁶

An ecotrophic interaction of the soil microflora and the leaf-litter at the eight forest phytocenoses in the low terrace and the divide area of Samara river in the forestry Krasnosamarskoye (on the Volga dependent), which are differed by the planting of trees and forestgrowing conditions, is researched. The everyday microorganisms numbers dynamics of the three size groups and soil respirations under the influence of aqueous extracts from the native and unnative for the researching soils coniferous litter is studied. The prioritare data for the soil indication of the planting of trees and forestgrowing conditions are revealed.

Поступила в редакцию 28/II/2003;
в окончательном варианте — 6/IV/2003.

⁴ Communicated by Dr. Sci. (Biology) Prof. N.M. Matveyev.

⁵ Ovchinnikova Tatyana Anatolyevna, Dept. of Ecology, Botany and Environmental Protection, Samara State University, Samara, 443011, Russia.

⁶ Ten'gayev Evgeny Ivanovich, Dept. of Zoology, Genetics and Common Ecology, Samara State University.